

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Návrh technologického postupu opravy  
lanových bubnů v těžebním průmyslu

Technological Process Proposal of Cable  
Drums Repair in Mining Industry

Student:

Bc. Jan Mocek

Vedoucí diplomové práce:

doc. Dr. Ing. Ivan Mrkvica

Ostrava 2011



Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....

.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB – TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do její skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:.....

.....

Podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Jan Mocek

Adresa trvalého pobytu autora práce:

M. Kopeckého 482, Ostrava – Poruba, 708 00

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

MOCEK, J. *Návrh technologického postupu opravy lanových bubnů v těžebním průmyslu: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2011, 73 s. Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. Ivan Mrkvica.

Diplomová práce se zabývá návrhem a montáží obložení lanových bubnů, které slouží k dopravě osob a materiálů v důlním průmyslu.

V úvodu diplomové práce jsou popsány těžební bubny a stroje, které jsou používány v důlním průmyslu. Dále jsou uvedeny možnosti použití různých materiálů pro obložení lanových bubnů. Je popsána montáž a problematika obrábění tohoto obložení.

V prostřední části se diplomová práce zabývá opracováním obložení lanového bubnu pomocí frézování na jednotný průměr a následně frézováním drážek pro ocelová lana.

Závěr diplomové práce se zabývá faktory ovlivňující technicko – ekonomické zhodnocení.

## ANNOTATION TO DIPLOMA WORK

MOCEK, J. *Proposal of technological process of cable drums repair in mining industry: diploma work*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of machining and assembly, 2011, 73 p., Diploma work leader: doc. Dr. Ing. Ivan Mrkvica.

Diploma work is concerned with proposal and assembly of lining of cable drums, which are used for personnel transport as well as transport of material in mining industry.

Introduction of diploma work contains descriptions of logging drums and machines used in mining industry. Then there are mentioned some possibilities of using different materials for cable drums lining. Assembly and questions of machining of this lining are described in the following part.

In the middle part, diploma work is concerned with treatment of cable drum lining with help of milling to the unified diameter and with help of followed slots milling for steel ropes.

Conclusion of diploma work specifies factors influencing technical and economical valuation.

Tímto bych chtěl poděkovat firmě HUDECZEK SERVICE, s.r.o. za možnost vypracovat téma své diplomové práce a za poskytnutí podkladů. Konkrétně Ing. Mečislavu Hudeczkovi, Ph.D., Ing. Jaroslavu Bryhcymu a Patriku Schwachulovi. Dále svému vedoucímu diplomové práce doc. Dr. Ing. Ivanu Mrkvicovi za podnětné připomínky a návrhy k diplomové práci.

# Obsah

	Seznam použitých zkratk a symbolů .....	9
1	Úvod .....	11
2	Cíle práce .....	12
3	Popis těžního stroje .....	13
3.1	Všeobecné informace .....	13
3.2	Popis těžních bubnů .....	14
3.3	Popis elektromotoru .....	17
3.3.1	Princip elektromotoru .....	17
3.4	Brzdy těžních bubnů .....	19
3.5	Popis ocelových lan .....	21
3.5.1	Těžní lano .....	21
3.5.2	Jistota proti skluzu lana .....	22
4	Technologický postup montáže obložení a návrh vhodného materiálu .....	23
4.1	Návrh vhodného materiálu .....	23
4.2	Druhy použitelných materiálů .....	23
4.3	Volba mezi dubovým a bukovým dřevem .....	24
4.3.1	Dubové dřevo .....	25
4.3.2	Bukové dřevo .....	25
4.3.3	Paření dřeva .....	26
4.3.4	Výběr dřeva .....	26
4.4	Popis obložení lanových bubnů .....	26
4.5	Demontáž starého obložení .....	29
4.6	Montáž nového obložení .....	33
4.6.1	Oprava vad lanového bubnu způsobené zatížením stroje .....	33
4.6.2	Sestavení dopravní a výrobní linky .....	34
4.6.3	Úprava rozměrů a hran hranolů .....	35
4.6.4	Vrtání otvorů do hranolů .....	36
4.6.5	Upnutí hranolů na lanový buben .....	42
5	Frézování obložení lanových bubnů na jednotný obvod .....	49
5.1	Popis frézování obložení na jednotný obvod .....	50
5.2	Popis frézy .....	52
5.2.1	Popis profilů použitých fréz .....	53
5.2.2	Tvarové kotoučové frézy .....	54

5.2.3	Konstrukční prvky tvarových fréz .....	54
5.2.4	Kontrola geometrie břitu .....	56
6	Frézování drážek pro ocelová lana .....	59
6.1	Popis frézování drážek pro ocelová lana .....	59
7	Modelování pomocí programu Autodesk Inventor .....	65
8	Technicko - ekonomické zhodnocení .....	66
8.1	Podíl jednotlivých součástí na finanční stránku zakázky .....	66
8.2	Časový podíl pracovních úkonů realizovaných během zakázky .....	69
9	Závěr .....	71
	Seznam použité literatury .....	72
	Seznam příloh .....	73



## Seznam použitých zkratek a symbolů

B	šířka obložení	[mm]
B <sub>p</sub>	pevný buben	[-]
B <sub>v</sub>	volný buben	[-]
C	cena práce při realizaci zakázky	[Kč]
Ø D <sub>1</sub>	průměr nástroje	[mm]
F <sub>1</sub> , F <sub>2</sub>	těžní klece	[-]
H	tvrdost dřeva	[kg.cm <sup>-2</sup> ]
I <sub>n</sub>	jmenovitý proud	[A]
K <sub>1</sub> , K <sub>2</sub>	vodící kotouče	[-]
KC	houževnatost	[J.cm <sup>-2</sup> ]
L <sub>a</sub>	délka náběhu	[mm]
L <sub>b</sub>	délka obrobku	[mm]
L <sub>c</sub>	délka přeběhu	[mm]
L <sub>celk</sub>	celková délka vrtání	[mm]
L <sub>1</sub>	svrchní lano	[-]
L <sub>2</sub>	spodní lano	[-]
N <sub>h</sub>	počet hranolů	[-]
N <sub>š</sub>	počet šroubů	[-]
P <sub>n</sub>	jmenovitý výkon	[kW]
R <sub>a</sub>	maximální poloměr profilu nástroje	[mm]
TIG	ruční svařování netavicí se elektrodou v ochr. atmosféře	[-]
U <sub>n</sub>	jmenovité napětí	[V]
V	výhřevnost dřeva	[kWh.kg <sup>-1</sup> ]
X <sub>1</sub>	počet zaměstnanců	[-]
X <sub>2</sub>	počet pracovních hodin	[-]
X <sub>3</sub>	hodinová sazba zaměstnance	[Kč]
f	frekvence	[Hz]
f <sub>0</sub>	posuv nástroje na otáčku	[mm]
f <sub>min</sub>	posuvná rychlost nástroje	[mm.min <sup>-1</sup> ]
m	hmotnost	[kg]
n	otáčky vřetena	[min <sup>-1</sup> ]

$o$	.....obvod bubnu.....	[m]
$t_a$	.....čas povolení jednoho šroubu.....	[min]
$t_b$	.....čas vypáčení jednoho hranolu.....	[min]
$t_c$	.....čas přesunu jednoho hranolu.....	[min]
$t_d$	.....čas na vyfrézování všech drážek .....	[min]
$t_{de}$	.....čas celkové demontáže obložení. ....	[min]
$t_{dš}$	.....čas povolení všech šroubů.....	[min]
$t_{lep}$	.....čas zalepení otvorů na všech hranolech.....	[min]
$t_{mon}$	.....celkový čas montáže všech hranolů.....	[min]
$t_o$	.....čas na ofrézování jednotného obvodu.....	[min]
$t_{opr}$	.....čas opracování všech hranolů.....	[min]
$t_{ozn}$	.....čas označení otvorů na všech hranolech.....	[min]
$t_{př}$	.....čas přesunu všech hranolů.....	[min]
$t_s$	.....strojní čas .....	[min]
$t_{uth}$	.....čas utažení všech hranolů.....	[min]
$t_{vy}$	.....čas vypáčení všech hranolů.....	[min]
$t_w$	.....čas zalepení otvorů jednoho hranolu.....	[min]
$t_x$	.....čas opracování jednoho hranolu.....	[min]
$t_y$	.....čas označení otvorů na jednom hranolu.....	[min]
$t_z$	.....čas utažení jednoho hranolu.....	[min]
$t_1$	.....čas na jednu otáčku bubnu.....	[s]
$v$	.....obvodová rychlost bubnu.....	[m.s <sup>-1</sup> ]
$v_c$	.....řezná rychlost .....	[m.min <sup>-1</sup> ]
$z_1, z_2$	.....počet zubů.....	[-]
$\alpha_{f,n}$	.....úhel hřbetu v rovině boční,normálové.....	[°]
$\gamma$	.....úhel čela.....	[°]
$\kappa_r$	.....nástrojový úhel nastavení .....	[°]
$\sigma_{p\perp}$	.....pevnost v tlaku příčně.....	[MPa]
$\sigma_{p\parallel}$	.....pevnost v tlaku podélně.....	[MPa]
$\sigma_o$	.....pevnost v ohybu.....	[MPa]
$\rho$	.....hustota.....	[kg.m <sup>-3</sup> ]

# 1 Úvod

Tato diplomová práce se zabývá výběrem, opracováním a montáží obložení lanových bubnů používaných v důlním průmyslu. Problematika se řeší ve firmě OKD, a.s prostřednictvím firmy HUDECZEK SERVICE s. r. o. na jámě č. 5 v závodě Lazy dolu Karviná.

Volba typu obložení pro obložení lanových bubnů závisí na mnoha faktorech, jako jsou materiál obložení, struktura a vlastnosti použitého materiálu, obtížnost montáže a opracování, cena, životnost apod. Budoucí obložení musí splňovat podmínky pro plynulý a bezpečný chod stroje po dobu jeho životnosti.

Pro opracování obložení musí být navrženy nástroje a stroje, pomocí kterých se snadno, přesně a pokud možno co nejlevněji obrobí potřebné plochy nutné k správnému chodu stroje. Pořizovací ceny nástrojů se v konečném ekonomickém hodnocení spolu s pořizovací cenou obložení a cenou práce nejvíce odrazí v celkové ceně budoucí zakázky.

## 2 Cíle práce

Hlavním cílem této diplomové práce je navrhnout a zrealizovat opravu obložení lanových bubnů, které jsou používány v provozu důlních společností a firem. Toto obložení slouží jako podklad, na který se navíjí do předem vyfrézovaných drážek ocelová lana. Lana nesou kabiny určené k přesunu nákladu nebo k dopravě osob z nižších pater na zemský povrch a naopak.

Oprava spočívá v demontáži již starého a nespolehlivého obložení, návrhu nové varianty tohoto obložení a její následné montáže a opracování. Návrh nového obložení musí splňovat několik podmínek a faktorů, podle kterých musí být oprava zrealizována. Důraz se klade především na správný a bezpečný chod stroje, který se odráží v životnosti, kvalitě a spolehlivosti vybraného obložení. Snahou je také celou zakázku zrealizovat rychle a levně, aby nedocházelo ke zbytečným časovým prodlevám, způsobené odstávkou stroje mající vliv na finanční ztráty podniku.

Součástí opravy je návrh strojního parku a nástrojů, kterými se bude realizovat opracování budoucího obložení (vrtání otvorů pro jeho uchycení na lanový buben, frézování obložení na jednotný obvod a drážek pro ocelová lana, úprava hranolů apod.).

Snahou této diplomové práce je tedy uskutečnit inovaci starého obložení lanových bubnů s delší životností, větší spolehlivostí a nízkých nákladů při realizaci zakázky.

## 3 Popis těžního stroje

### 3.1 Všeobecné informace

U těžní věže se strojovnou nesmí odchylka od projektovaného osazení základového rámu těžního stroje ve směru osy jeho hřídele přesahovat  $\pm 5$  mm, ve směru kolmém na osu hřídele  $\pm 20$  mm. Nejvyšší přípustnou hodnotu vychýlení osy těžního stroje určuje jeho výrobce. Části těžního zařízení mohou být nahrazeny jiným typem, popřípadě i sloučeny do jednoho celku, pokud nahrazené části, popřípadě tento celek bude plnit všechny podmínky a funkce těch částí těžního zařízení, které nahrazuje [4].

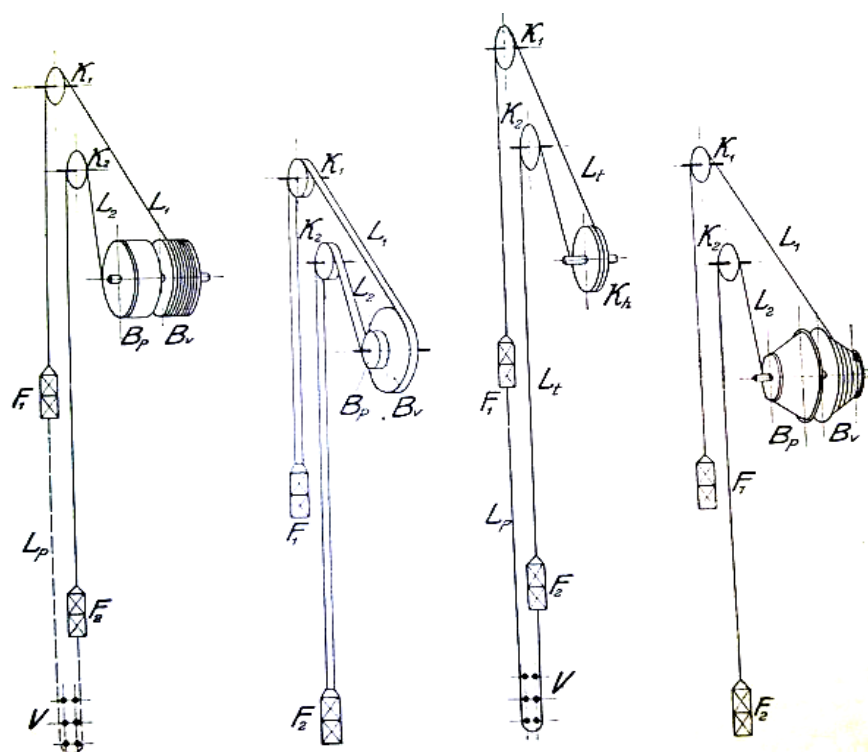
Zrychlení při rozjezdu a zpoždění při dojezdu nesmí být při dopravě osob větší než  $1 \text{ m.s}^{-2}$ . Konstrukce těžního stroje nesmí umožnit změnu jeho pracovního režimu za chodu. Otáčení bubnu musí být souhlasné se směrem vychýlení řídicí páky. U jednočinného těžního zařízení je nutné, aby při vychýlení řídicí páky směrem od strojníka sjížděla dopravní nádoba dolů; u dvou bubnového těžního stroje platí stejná podmínka pro dopravní nádobu zavěšenou na těžním laně pevného bubnu. Pokud nelze při poruše těžního zařízení dopravit zaměstnance z podzemí jiným těžním zařízením za dobu určenou havarijním plánem, zajistí se napájení těžního stroje a jeho příslušenství dvojím nezávislým přívodním vedením [4].

## 3.2 Popis těžních bubnů

Těžní buben je dutý ocelový válec svařený ze dvou polovin v dělicí rovině. Z vnitřní strany je vyztužený žebry. Tloušťka stěny ocelového bubnu je 10 mm. Šířka jednoho ocelového bubnu je 1600 mm a  $\varnothing$  4000 mm. Po obvodu bubnu jsou vyvrtány otvory pro uchycení budoucího obložení. Těžní stroj se skládá ze dvou těchto bubnů, které jsou umístěny na hřídeli poháněným elektromotorem (obr. 3.1). Jeden z bubnů je na hřídeli uložen pevně a druhý volně. To umožňuje, aby se těžní délka lana dala zkracovat nebo prodlužovat při přesouvání závěsu klece na lano apod. Při chodu stroje se z jednoho bubnu lano odvíjí (klec jede dolů) a na druhém navíjí (klec jede nahoru), (obr. 3.2 vlevo). Každý buben je vybaven svou vlastní pneumatickou brzdou s brzdnými čelistmi [4,1].



*Obr. 3.1 Elektromotor s lanovým bubnem*



Obr. 3.2 Schéma navíjení lan

$L_1$  – svrchní lano,  $L_2$  – spodní lano,  $B_p$  – pevný buben,  $B_v$  – volný buben,  $K_1$  a  $K_2$  – vodící kotouče,  $F_1$  a  $F_2$  – těžní klece

Poměr nejmenšího navíjecího průměru bubnu ke jmenovitému průměru těžního lana musí být u těžního zařízení na povrchu alespoň 1:80, u těžního zařízení v podzemí alespoň 1:50 [4].



Obr. 3.3 Těžní buben



Brzdový věnec a brzdový kotouč musí být pevně spojen s bubnem těžního stroje. Průvlečný otvor pro lano v plášti bubnu se upraví tak, aby poloměr ohybu lana činil alespoň 20 - ti násobku jmenovitého průměru lana. Upevnění lana k bubnu musí vykazovat při ovinutí bubnu třemi závity lana při největším statickém zatížení alespoň sedminásobnou bezpečnost proti jeho vytažení. Upevnění lana musí být snadno kontrolovatelné [4].

Obložení pláště bubnu se opatřuje drážkami pro navíjení lana. Lano navíjené na buben musí být ukládáno pravidelně a rovnoměrně ve všech vrstvách. Bočnice bubnu musí přesahovat poslední vrstvu lana alespoň o dvojnásobnou jmenovitého průměru lana. Buben těžního stroje včetně ložisek a kotvení se počítají na zatížení při přetržení těžního lana. Napětí v nich při tomto zatížení nesmí překročit 90 % meze kluzu materiálu [4].

Kromě toho se všechny uvedené části posuzují jako dynamicky a cyklicky namáhané části a řeší podle pevnosti materiálu a svarů, tvarů a jakosti povrchu, přičemž se uvažuje i vliv pružnosti lana a hřídele [4].



*Obr 3.4 Těžní buben*

Při výpočtu pláště bubnu se obložení bubnu neuvažuje. Součásti spojovacího zařízení volného bubnu s pevným bubnem a součásti pro upevnění lana k bubnu musí mít při největším statickém zatížení alespoň sedminásobnou bezpečnost k mezi pevnosti materiálu. Poloha spojovacího zařízení volného bubnu s pevným bubnem musí být kontrolovatelná ze stanoviště strojníka. Vysunutí spojovacího zařízení volného bubnu



s pevným bubnem musí být vázáno na předchozí zabrzdění brzdy nebo použití jiného zařízení k zadržení volného bubnu při rozpojení bubnů. Těžní stroj musí být vybaven zařízením kontrolujícím průvěs těžního lana mezi bubnem a lanovnicí u bubnového těžního stroje [4].

### **3.3 Popis elektromotoru**

Použitý elektromotor (obr. 3.5) je napájený stejnosměrným proudem. Skládá se ze statoru a rotoru. Stator je tvořen z permanentních magnetů nebo elektromagnetem. Elektromagnet se skládá ze svazků plechů a vinutí. Plechy jsou naskládány na sebe do tvaru dutého válce. Vinutí je napájeno stejnosměrným proudem [10].

Rotor se skládá ze svazků plechů s drážkami, v nichž je umístěno vinutí. Začátky a konce vinutí jsou připojeny k lamelám komutátoru, který je připevněn k hřídeli elektromotoru. Na lamely komutátoru dosedají kartáče, kterými se přivádí stejnosměrný proud do vinutí rotoru [10].

#### **3.3.1 Princip elektromotoru**

Po zapnutí elektromotoru se vytvoří v rotoru magnetické pole. Silové účinky magnetického pole rotoru a statoru vyvolají točivý moment, který uvede rotor do otáčivého pohybu. Aby vznikl točivý moment, který by působil na rotor jen v jednom směru a uváděl ho do otáčivého pohybu, je zapotřebí měnit směr průtoku elektrického proudu ve vinutí rotoru. Změnu směru průtoku elektrického proudu v rotoru zajišťuje komutátor. Směr otáčení stejnosměrného elektromotoru se mění přepólováním napájení rotoru. Rychlost otáčení stejnosměrného motoru se mění se změnou elektrického napětí v rotoru [10].

*Tab. 3.1 Parametry elektromotoru*

Napájení	Stejnoseměrný proud
Typ	EEQ 280 – 90 - 16
Jmenovitý výkon $P_n$ [kW]	1450
Jmenovité napětí $U_n$ [V]	520
Jmenovitý proud $I_n$ [A]	3100
Otáčky $n$ [min <sup>-1</sup> ]	38,2



*Obr. 3.5 Elektromotor*

### 3.4 Brzdy těžních bubnů

Těžní stroj se vybavuje jízdní a pojistnou brzdou a brzdou nebo jiným zařízením k zadržení volného bubnu při rozpojení bubnů. Jízdní a pojistná brzda může být provedena tak, že působí na společné brzdové čelisti. Současné použití obou brzd nesmí vyvolat větší brzdící sílu, než je síla účinnější brzdy. Ovládání brzd těžního stroje se provede tak, aby při ztrátě napájecí energie pojistná brzda neprodleně zastavila těžní stroj. Pojistná brzda musí působit nezávisle na pohonu těžního stroje, na poloze řídicí páky a na činnosti jízdní brzdy. Je-li pojistná brzda vyřazena z činnosti, nesmí být těžní stroj provozován [4].

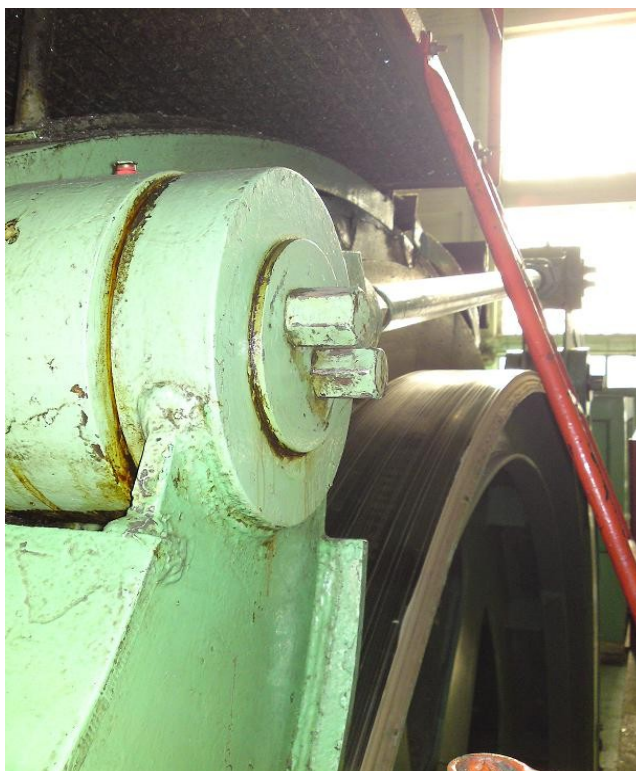


*Obr. 3.6 Brzda*

Brzdící síla jízdní brzdy musí být plynule měnitelná úměrně s vychýlením brzdové páky. Jízdní a pojistná brzda bubnového těžního stroje musí být tak účinné, aby každá z nich za klidu těžního stroje udržela samostatně největší převahu při těžbě s jistotou alespoň 250 %, při dopravě osob s jistotou alespoň trojnásobnou. Při rozpojených bubnech musí každá z nich udržet prázdnou dopravní nádobu pevného bubnu v její nejnižší provozní poloze s jistotou alespoň 150 %. Jízdní i pojistná brzda těžního stroje musí zajistit zpoždění, přitom však zpoždění nesmí být menší než  $1,5 \text{ m.s}^{-2}$ . Statická jistota jízdní a pojistné brzdy musí být pro největší statickou převahu alespoň dvojnásobná [4].

Účinnost brzd se ověřuje výpočtem, a to pro nejmenší přípustný tlak brzdného média, při jehož snížení dojde k zapůsobení pojistné brzdy, popřípadě pro nejmenší přípustný přitlačný tlak vytvořený pružinami. Při výpočtu se bere v úvahu nejnepříznivější provozní zatížení. Účinnost brzd se ověří také zkouškou statické jistoty brzd a charakteristiky zpoždění; ověření zkouškou se provede i v případě, je-li provedena výměna brzdového obložení, a po opravě a po seřízení brzd [4].

Brzdové čelisti působí rovnoměrně na brzdový věnec nebo brzdový kotouč. K zapůsobení pojistné brzdy musí dojít rozpojením bezpečnostního obvodu [4].



*Obr. 3.7 Brzdová čelist*

Zapůsobí-li pojistná brzda, musí být před dalším provozováním těžního stroje zjištěna příčina jejího zapůsobení. Brzdový stroj musí být vybaven nezávislým zařízením, které svým provedením zajistí, aby k zapůsobení pojistné brzdy při rozpojení bezpečnostního obvodu došlo i při poruše spouštěcího mechanismu pojistné brzdy. Brzdový stroj těžního stroje musí při brzdění pojistnou brzdou zajistit, aby v časovém úseku od 1 s po zahájení brzdění do okamžiku, kdy rychlost jízdy poklesne na úroveň přejezdové rychlosti, byla docílena stálá hodnota průměrného zpoždění s dovolenou odchylkou  $\pm 25 \%$  [4].





*Obr. 3.8 Brzdová čelist*

## **3.5 Popis ocelových lan**

### **3.5.1 Těžní lano**

Jmenovitý průměr nosného drátu v těžním laně nesmí být menší než 0,8 mm. Jednou pletená spirálová lana se skládají z ocelových nosných drátů, soustředně spletených v jedné nebo více vrstev. Vícevrstvé prameny mají vždy vložku tzv. duši. Dráty jsou pleteny buď vpravo, nebo vlevo, a podle toho je pramen levý nebo pravý. Dvakrát pletená lana se skládají z několika spirálových lan tzv. pramenů, které jsou ovinuty kolem lanové duše. Každý rok se lano na svém konci u úvazku v délce cca 3 metrů odsekne, aby se předešlo nehodám z důvodu ohýbání lana při jeho náběhu. Použité těžní lano jeho rozměry, parametry a povrchová úprava jsou popsány v příloze č. 7 a č. 8 [2].

### 3.5.2 Jistota proti skluzu lana

Statická jistota proti skluzu lana při nejnepříznivějším provozním zatížení nesmí být menší než 2,5. Největší přípustné zrychlení a zpoždění při provozu těžního stroje musí být alespoň o 15 % menší než vypočtená mez zrychlení a zpoždění, při které by došlo ke skluzu těžního lana. Součinitel tření se ověřuje zkouškou. Ověření zkouškou se provede i v případě, je-li provedena výměna více než 25 % obložení za obložení jiného druhu, a při změně lana [4].



*Obr. 3.9 Těžní lano*

## **4 Technologický postup montáže obložení a návrh vhodného materiálu**

Technologický postup montáže nového obložení bubnu obsahuje dva základní body. A to demontáž starého, opotřebovaného obložení a montáž nového obložení. Jde tedy o výměnu starého, nefunkčního povrchu bubnu za nový, více spolehlivý. Nové obložení musí splňovat kritéria pro dlouhodobý, plynulý a bezpečný chod stroje. Proto musí být navrženo a vyrobeno tak, aby tyto podmínky splňovalo.

### **4.1 Návrh vhodného materiálu**

Materiál zvolený pro obložení lanových bubnů musí splňovat několik důležitých podmínek a kritérií, zaručujících spolehlivý a bezpečný chod stroje. Toto se odráží především v mechanických vlastnostech, které daný materiál musí obsahovat.

Hlavními mechanickými vlastnostmi, kterými musí materiál disponovat, je dostatečná tvrdost a pevnost. Obložení musí vydržet tlak svírajícího ocelového lana zařezávajícího se do předem vyfrézovaných drážek. Nesmí praskat a drtit se. Na druhou stranu nesmí být příliš tvrdý, aby nepoškodil navíjejší se ocelové lano. Musí se najít takový kompromis, který by dané podmínky splnil. Obložení musí být také dostatečně houževnaté, aby ocelové lano nevytrhávalo kusy obložení z jeho povrchu. Tuto problematiku lze omezit povrchovou úpravou obložení.

### **4.2 Druhy použitelných materiálů**

Druhy materiálu, které můžeme využít pro řešení dané problematiky jsou následující. V úvahu připadají materiály na bázi oceli, plastu (pryže) nebo dřeva. Ocel jako zvolený materiál pro obložení bubnů je v tomto případě nevyhovující. Síla působící na ocelové lano by způsobila, že zařezávající se lano do ocelového obložení budou vykazovat velká opotřebení. Funkčnost stroje by byla omezena krátkou dobou životnosti jak lana, tak obložení.

Lepším řešením bude tedy výběr ze zbylých dvou variant materiálů na bázi plastu (pryže) nebo dřeva. Speciální vytvrzené plasty (pryže) pro obložení bubnů se jeví jako ideální možnost, jak zajistit správný a spolehlivý chod stroje. Speciální plast se málo opotřebovává a je zároveň dost tvrdý na to, aby se lano při zatížení nezařezávalo hluboko do bubnu stroje a zaručilo dlouhodobou výdrž neporušeného obložení. Konkrétně se používá na tyto účely plast zvaný Akanit, který je bílého zabarvení. Tato varianta je ovšem mnohem nákladnější než použití poslední varianty a to dřeva.

Použitím tvrdého dřeva, jakým je např. dub nebo buk, které disponují potřebnými mechanickými vlastnostmi pro správný chod stroje, bude tato možnost výběru materiálu z hlediska životnosti obložení i ekonomické stránky ideálním řešením. Konkrétní technicko - ekonomické zhodnocení daného materiálu je popsáno v kapitole níže.

### **4.3 Volba mezi dubovým a bukovým dřevem**

Při konečné volbě materiálu obložení lanových bubnů se rozhodovalo mezi dubovým a bukovým dřevem, které je pro vyřešení problému nejekonomičtější a nejefektivnější. Na základě porovnání níže uvedených vlastností, výhod a nevýhod jednotlivých druhů dřeva byla vybrána finální varianta materiálu obložení.



*Obr. 4.1 Dub letní*



*Obr. 4.2 Buk lesní*



### 4.3.1 Dubové dřevo

Dub letní, latinsky *Quercus robur* (obr. 4.1), patří do dřevin listnatých a dorůstá výšky okolo 40 m. Může se dožít za příznivých podmínek až 1000 let. Roste v celé Evropě, obzvláště mu vyhovují teplé nížiny. Dřevo je tvrdé a těžké. Používá se nejčastěji jako palivo, protože má velkou výhřevnost a dlouho hoří. Oproti bukovému dřevu má špatnou obrobitelnost díky své struktuře [11].

### 4.3.2 Bukové dřevo

Buk lesní, latinsky *Fagus sylvatica* (obr. 4.2), patří mezi nejznámější a nejpoužívanější dřevo u nás. Patří do dřevin listnatých a dorůstá do výšky okolo 30 m a dožívá se věku až 400 let. Je tvrdý a velmi pevný. Výborně se obrábí a lepí. Má vysokou výhřevnost při topení. Díky své schopnosti dobře ho obrábět, se používá také při výrobě nábytku a jiných řemeslných činnostech, které zpracovávají dřevo [11].

Tab. 4.1 Mechanické vlastnosti bukového a dubového dřeva [9]

Vlastnosti dřeva	Druh dřeva	
	Buk lesní	Dub letní
Pevnost v tlaku příčně $\sigma_{p\perp}$ [MPa]	9,5	11
Pevnost v tlaku podélně $\sigma_{p\parallel}$ [MPa]	62	65
Obrobitelnost	Dobrá	Špatná
Hustota $\rho$ [kg.m <sup>-3</sup> ]	630	600
Houževnatost KC [J.cm <sup>-2</sup> ]	10	6
Výhřevnost V [kWh.kg <sup>-1</sup> ]	4,2	4,2
Pevnost v ohybu $\sigma_o$ [MPa]	123	110
Tvrdost H [kg.cm <sup>-2</sup> ]	651-1000	

### 4.3.3 Paření dřeva

Paření je hydrotermická úprava dřeva, pomocí které zlepšujeme výsledné vlastnosti dřevin před dalším zpracováním. Konkrétně zvyšujeme plastičnost dřeva a jeho hustotu a to až na  $1400 \text{ kg.m}^{-3}$ . Princip spočívá v působení vysoké teploty a vlhkosti na dřevo bez přístupu kyslíku ve speciálním zařízení. Vlivem těchto podmínek se také mění barva dřeva [8].

### 4.3.4 Výběr dřeva

Na základě předchozích informací, týkajících se vlastností dřeva, výhod a nevýhod, bylo rozhodnuto, že materiálem pro obložení lanových bubnů bude pařený buk. Největšími faktory, které ovlivnily toto rozhodnutí, byly vysoká tvrdost dřeva, hustota a hlavně jeho schopnost dobře se obrábět. Bylo také přihlédnuto na materiál starého obložení, kterým bylo také bukové dřevo. Toto obložení ovšem nebylo nijak povrchově nebo jinak upravováno, jako např. pařením a vydrželo v provozu při zatížení okolo 10 let. Proto zvolená varianta pařeného buku na nové obložení bude mít delší životnost než obložení stávající. Výhodou v řešení problému byla také dobrá vlastnost bukové dřevo lepit. Z důvodu nedostatku bukového dřeva na trhu od jednoho dodavatele se muselo přikročit k řešení dodání dřeva více dodavateli. A to v podobě desek určitých rozměrů, které se posléze musely slepit a seřezat do patřičného tvaru. Schopnost dobrého slepení dřeva tedy přišla vhod.

## 4.4 Popis obložení lanových bubnů

Obložení lanových bubnů se skládá z celkem 128 dřevěných hranolů, které jsou vyrobeny ze slepených desek pařeného buku. Jednotlivý hranol se skládá z pěti slepených dřevěných desek za pomoci polyuretanového lepidla. Každý hranol má předepsaný rozměr (200 x 250-1600) mm. V hranolu jsou vyvrtány tři otvory určitých roztečí a průměru, do kterých se vkládají vratové šrouby, pomocí kterých se hranoly upínají na lanové bubny. Hranoly byly dodány v předepsaném množství a tvaru již slepeny a seříznuty, viz výkresy (HUS 100 528/0101-03) a (obr. 4.3 a 4.4).

### Výpočet hmotnosti obložení před pařením

Objem jednoho hranolu.....  $V = 0,0768 \text{ m}^3$

Hustota bukového dřeva.....  $\rho = 630 \text{ kg m}^{-3}$

Počet hranolů.....  $k = 128$

### Hmotnost jednoho hranolu

$$\underline{m = \rho \cdot V} \quad (1)$$

$$m = 630 \cdot 0,0768 = 48,4 \text{ kg}$$

### Hmotnost všech hranolů

$$\underline{m_{\text{celk}} = m \cdot k} \quad (2)$$

$$m_{\text{celk}} = m \cdot k = 48,4 \cdot 128 = 6193 \text{ kg} \approx 6,2 \text{ tun}$$



*Obr. 4.3 Hranol obložení*



*Obr. 4.4 Doprava hranolů*

Na každém bubnu jsou tři hranoly na jednom svém konci seříznuty do určitého poloměru, který musí být velký alespoň 20 - ti násobku poloměru lana. A to z toho důvodu, aby se lano příliš nelámalo při počátečním navíjení. Tyto hranoly jsou umístěny na bubnu u otvorů, kde se uvazuje lano na buben tzv. úvazek. Po tomto zaoblení se lano navine přes průvlečný otvor, kde je lano uchyceno z vnitřní strany lanového bubnu. Zde byla navrhnutá inovace starého systému řešení průvlečného otvoru a poloměru navíjení. Starý způsob spočíval v navíjení ocelového lana, uchyceného na úvazek přes dva hranoly. Inovace řešení, která byla provedena, realizuje navíjení lana ne přes dva, ale přes tři hranoly. Tím je zaručený větší poloměr navíjení a menší lámání a opotřebení ocelového lana (obr. 4.5).



*Obr. 4.5 Poloměr úvazku starého a nového navíjení lana*

## 4.5 Demontáž starého obložení

Demontáž se prováděla pomocí pneumatického utahováku a páčidel. Z vnitřní strany lanového bubnu se povolily šrouby stahující hranoly k obvodu lanového bubnu. Z vnější strany pomocí páčidel se povolené hranoly vypáčily a přenesly na posuvné stoly (válečkový dopravník), po kterých se hranoly přemístily na místo skladování. Postup je znázorněn na (obr. 4.6 až 4.10).



*Obr. 4.6 Demontáž hranolů pneumatickým utahovákem*



*Obr. 4.7 Páčení hranolů*





*Obr. 4.8 Lanový buben se starým obložením*



*Obr. 4.9 Přemístění starých hranolů na místo skladování*



*Obr. 4.10 Složené staré obložení*

### Čas potřebný k demontáži obložení

Čas potřebný na demontáž starého obložení se odvíjel od rychlosti povolení tří šroubů, držících každý hranol obložení na lanovém bubnu pomocí pneumatického utahováku a jeho následným vypáčením a přesunu na válečkové dopravníky, pomocí kterých se hranoly přemístily na místo skladování. Demontáž tedy obsahovala povolení šroubů, vypáčení hranolů z původního místa, přenesení na válečkové dopravníky a přemístění na místo skladování. Toto se opakovalo u všech hranolů v počtu 128 kusů. Čas potřebný k těmto úkonům je popsán v následujícím vzorci.

### Čas potřebný k povolení všech šroubů

$$\underline{t_{dš} = t_a \cdot N_s} \quad (3)$$

$t_{dš}$ .....čas potřebný k povolení všech šroubů [min]

$t_a$ .....čas potřebný k povolení jednoho šroubu [min]

$N_s$ .....počet šroubů [-]

$$t_{dš} = t_a \cdot N_s = 1.512 = 512 \text{ min}$$

### Čas potřebný k vypáčení všech hranolů

$$\underline{t_{vy} = t_b \cdot N_h} \quad (4)$$

$t_{vy}$ .....čas potřebný k vypáčení všech hranolů [min]

$t_b$ .....čas potřebný k vypáčení jednoho hranolu [min]

$N_h$ .....počet hranolů [-]

$$t_{vy} = t_b \cdot N_h = 2.128 = 256 \text{ min}$$

### Čas potřebný k přesunu hranolů na válečkové dopravníky a místo skladování

$$\underline{t_{př} = t_c \cdot N_h} \quad (5)$$

$t_c$ .....čas potřebný k přesunu jednoho hranolu [min]

$t_{př}$ .....čas potřebný k přesunu všech hranolů [min]

$N_h$ .....počet hranolů [-]

$$t_{př} = t_c \cdot N_h = 1.128 = 128 \text{ min}$$

### Čas pro celkovou demontáž starého obložení

$$\underline{t_{de} = t_{dš} + t_{vy} + t_{př}} \quad (6)$$

$t_{dš}$ .....čas potřebný k povolení všech šroubů [min]

$t_{vy}$ .....čas potřebný k vypáčení všech hranolů [min]

$t_{př}$ .....čas potřebný k přesunu hranolů [min]

$t_{de}$ .....čas pro celkovou demontáž starého obložení [min]

$$t_{de} = t_{dš} + t_{vy} + t_{př} = 512 + 256 + 128 = 896 \text{ min}$$



## 4.6 Montáž nového obložení

### 4.6.1 Oprava vad lanového bubnu způsobené zatížením stroje

Před samotnou montáží obložení se musely opravit vady lanového bubnu, které vznikly při zatížení během provozu. Vady představovaly především různé praskliny a nerovnosti na obvodu lanového bubnu. Praskliny vznikaly na ocelovém bubnu především v oblasti dělicí roviny, kde je buben na tyto praskliny nejnáchylnější. Tyto nerovnosti se pomocí uhlíkové elektrody zavařily, jak je znázorněno na (obr. 4.11 a 4.12).



*Obr. 4.11 Zavařený lanový buben*



*Obr. 4.12 Zavařený lanový buben*

### Čas potřebný k zavaření lanových bubnů

Trhliny a vady obou lanových bubnů se zavařovaly ručním obloukovým svařováním pomocí elektrody E – B 121 Ø 3,2 x 450 mm. Buben se zavařoval jak z vnější, tak i z vnitřní strany. Čas potřebný na zavaření se odvíjel od délky svařovaných trhlin a rychlosti svařování. Celkový čas svařování činil v konečném součtu cca 18 hodin.

#### **4.6.2 Sestavení dopravní a výrobní linky**

Po opravení všech závad na bubnu se sestrojila dopravní a výrobní linka, po které se přepravovaly hranoly na jednotlivá pracovní stanoviště. Linka se skládala ze dvou sloupcových vrtaček a tří stolů, které sloužily jako válečkový dopravník s ručním pohonem (obr. 4.13).



*Obr. 4.13 Montáž dopravní a výrobní linky*

### 4.6.3 Úprava rozměrů a hran hranolů

Před samotným navrtáním otvorů pro vratové šrouby, kterými se přichytilo obložení na lanový buben, se musel hranol z původní délky o 50 mm zkrátit, aby se dal vložit na správné místo. Dále se musely srazit hrany, které dosedaly na obvod bubnu kvůli prostoru na svarový spoj, kterými byl lanový buben svařen viz (obr. 4.14). Každý čtvrtý hranol musel mít také vyhoblovanou drážku šířky 105 mm a hloubky 5 mm na dosedací ploše boku hranolu, kterým dosedá na žebro lanového bubnu sloužící jako podpěra hranolů. Drážka byla vyhoblována ruční hoblovkou (obr. 4.15).

Hranoly byly poté přesunuty na místo, kde se po utažení šroubů budou vyskytovat po dobu chodu stroje. Zde se speciálním důlčíkem (obr. 4.16) předznačily budoucí otvory. Posléze se hranoly opět přesunuly na výrobní linku, kde se vyvrtaly potřebné otvory.



*Obr. 4.14 Sražení hrany pro potřebné místo na svarový spoj*





*Obr. 4.15 Hoblování drážky dosedací plochy na žebro lanového bubnu*



*Obr. 4.16 Důlčík s vyznačením budoucího otvoru*

#### **4.6.4 Vrtání otvorů do hranolů**

Po těchto úpravách se mohlo přikročit k vrtání samotných otvorů. Celkem se vrtaly tři otvory vyznačené důlčíkem. Nejprve se díra předvrtala vrtákem o  $\varnothing 16 - 445$  mm skrz celý hranol a následně se díra zvětšila vrtákem  $\varnothing 40 - 350$  mm do hloubky 185 mm, viz výkres (HUS 100 528/010101). Vrtáky byly před i během záběru do materiálu mazány olejem

pro lepší odvod třísky a tepla z místa řezu. Oba vrtáky jsou vyrobeny z nástrojové rychlořezné oceli HSS 19 830. Vrták o  $\varnothing 40$  mm má navíc speciální úpravy oproti běžným vrtákům, které se při vrtání patřičně využily. Tento typ vrtáku má tzv. pilotní část v délce 10 mm a  $\varnothing 16$  mm zajišťující vedení vrtáku v již předvrtané díře. Tato pilotní část navíc přechází na konečný průměr vrtáku v rovinné ploše, která má za následek vzniku rovné plochy, která je potřebná pro dosedání vratových šroubů ve vyvrtaném otvoru.



*Obr. 4.17 Použité vrtáky*



*Obr. 4.18 Vrtání otvorů*

## Řezné podmínky použity při vrtání otvoru $\varnothing 16$ mm

Otáčky..... $n = 560 \text{ ot.min}^{-1}$

Posuv ruční cca..... $f_o = 0,4 \text{ mm.ot}^{-1}$

### Výpočet řezné rychlosti

Výpočet řezné rychlosti počítáme pomocí následujícího vzorce:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{1000} \quad (7)$$

$v_c$ .....řezná rychlost [ $\text{m.min}^{-1}$ ]

$n$ .....otáčky vřetena

$D_1$ .....průměr nástroje [mm]

1000.....přepočítávací konstanta [-]

$$v_c = \frac{\pi \cdot 16 \cdot 560}{1000} = 28 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$$

### Výpočet posuvné rychlosti

Posuvnou rychlost vypočítáme pomocí vzorce:

$$f_{\min} = f_o \cdot n \quad (8)$$

$f_{\min}$ .....posuvná rychlost [ $\text{mm.min}^{-1}$ ]

$f_o$ .....posuv nástroje na otáčku [mm]

$n$ .....otáčky vřetene

$$f_{\min} = 0,4 \cdot 560 = 224 [\text{mm.min}^{-1}]$$

### Výpočet strojního času na jednu vrtanou díru Ø 16 mm:

Strojní čas vypočteme pomocí vzorce:

$$t_{s3} = \frac{L_{celk}}{f_{min}} \quad (9)$$

$t_{s3}$ .....strojní čas [min]

$L_{celk}$ .....délka vrtání [mm]

$f_{min}$ .....posuvná rychlost [mm.min<sup>-1</sup>]

$$t_{s3} = \frac{260}{224} = 1,2 \text{ min}$$

Délku vrtání vypočteme pomocí vzorce:

$$L_{celk} = L_a + L_b + L_c \quad (10)$$

$L_{celk}$ .....délka vrtání [mm]

$L_a$ .....délka náběhu [mm]

$L_b$ .....délka obrobku [mm]

$L_c$ .....délka přeběhu [mm]

$$L_{celk} = L_a + L_b + L_c = 5 + 250 + 5 = 260 \text{ mm}$$

### Výpočet času pro všechny vrtané díry Ø 16mm

$$t_{s1} = t_{s3} \cdot k \quad (11)$$

$t_{s3}$ .....strojní čas na vyvrtání jedné díry [min]

$k$ .....celkový počet otvorů [-]

$t_{s1}$ .....strojní čas na vyvrtání všech děr Ø 16mm [min]

$$t_{s1} = t_{s3} \cdot k = 1,2 \cdot 384 = \underline{461 \text{ min}}$$

## Řezné podmínky použity při vrtání otvoru $\varnothing 40$ mm

Otáčky..... $n = 265 \text{ ot.min}^{-1}$

Posuv ruční cca.....  $f_o = 1,2 \text{ mm}$

### Výpočet řezné rychlosti:

Výpočet řezné rychlosti počítáme pomocí následujícího vzorce:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{1000} \quad (7)$$

$v_c$ .....řezná rychlost [ $\text{m.min}^{-1}$ ]

$n$ .....otáčky vřetena

$D_1$ .....průměr nástroje [mm]

1000.....přepočítávací konstanta [-]

$$v_c = \frac{\pi \cdot 40 \cdot 265}{1000} = 33 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$$

### Výpočet posuvné rychlosti :

Posuvnou rychlost vypočítáme pomocí vzorce:

$$f_{\min} = f_o \cdot n \quad (8)$$

$f_{\min}$ .....posuvná rychlost [ $\text{mm.min}^{-1}$ ]

$f_o$ .....posuv nástroje na otáčku [mm]

$n$ .....otáčky vřetene

$$f_{\min} = 1,2 \cdot 265 = 318 [\text{mm.min}^{-1}]$$



### Výpočet strojního času na jednu vrtanou díru Ø 40 mm:

Strojní čas vypočteme pomocí vzorce:

$$t_{s4} = \frac{L_{celk}}{f_{min}} \quad (9)$$

$t_{s4}$ .....strojní čas [min]

$L_{celk}$ .....délka vrtání [mm]

$f_{min}$ .....posuvná rychlost [mm.min<sup>-1</sup>]

$$t_{s4} = \frac{260}{318} = 0,8 \text{ min}$$

Délku vrtání vypočteme pomocí vzorce:

$$L_{celk} = L_a + L_b + L_c \quad (10)$$

$L_{celk}$ .....délka vrtání [mm]

$L_a$ .....délka náběhu [mm]

$L_b$ .....délka obrobku [mm]

$L_c$ .....délka přeběhu [mm]

$$L_{celk} = L_a + L_b + L_c = 5 + 250 + 5 = 260 \text{ mm}$$

### Výpočet času pro všechny vrtané díry Ø 40 mm

$$t_{s1} = t_{s4} \cdot k \quad (11)$$

$t_{s4}$ .....strojní čas na vyvrtání jedné díry [min]

$k$ .....celkový počet děr [-]

$t_{s1}$ .....strojní čas na vyvrtání všech děr Ø 40 mm [min]

$$t_{s2} = t_{s4} \cdot k = 0,8 \cdot 384 = \underline{307 \text{ min}}$$

### Třísky vzniklé při vrtání

Při vrtání vznikala drobná třísky. S vrtákem o  $\varnothing$  40 mm se třísky méně pěchovala oproti vrtání s vrtákem o  $\varnothing$  16 mm, jak je patrné na (obr. 4.19 vlevo).



*Obr. 4.19 Třísky vzniklé při vrtání otvorů jednotlivými vrtáky*

### **4.6.5 Upnutí hranolů na lanový buben**

Po vyvrtání otvorů se jednotlivé hranoly umístily na lanový buben a přitáhly šrouby. Šrouby se do otvorů vkládaly speciálním magnetem, kvůli velké hloubce otvorů (obr. 4.20). Poté se šrouby utáhly prostřednictvím podložky a matice pomocí pneumatického utahováku z vnitřní strany lanového bubnu (obr. 4.21. a 4.22). Po určité době provozu stroje se šrouby opětovně dotáhnou, aby se zaručil pevný a bezpečný spoj.



*Obr. 4.20 Magnet*

### Použité spojovací součásti

Vratový šroub DIN 603 – 4.8 velikosti M 16 x 90

Matice DIN 934 – 8 Hex nuts velikosti M 16

Podložka DIN 125 A – ČSN 02 1702.10 velikosti M16



*Obr. 4.21 Šroub, matice, podložka*



*Obr. 4.22 Přišroubované hranoly na lanovém bubnu*

Takto se namontovalo všech 128 hranolů na oba lanové bubny. Po montáži zůstaly v hranolech otvory po vrtání. Ty se musely zacpat z důvodu správného chodu stroje. Pokud by se otvory neucpaly, hrozilo by špatné navíjení lana do budoucích vyfrézovaných drážek a oslabené hranoly by mohly při zatížení prasknout. Otvory se tedy ucply dřevěnými kolíky (obr. 4.23), které jsou vyrobeny ze stejného materiálu jako hranoly, tedy z bukového dřeva. Kolíky se na jednom konci zkosily pro snadnější zasunutí do otvoru a nabouchaly kladivem. Kolíky se před naboucháním natřely speciálním polyuretanovým lepidlem, pomocí kterého se díry zalepily. Pro správnou funkčnost lepidla se povrch kolíků musel navlhčit vodou, aby lepidlo správně napěnilo a zalepilo otvory. Přesahující konce dřevěných kolíků (obr. 4.24) se nakonec seřezaly a zahladily motorovou pilou. Rozměry a parametry kolíků jsou znázorněny ve výkresu (HUS 100 528/010104).





*Obr. 4.23 Dřevěné kolíky*



*Obr. 4.24 Zalepené otvory hranolů*

### Použité lepidlo AGGLU Neopur 2238RRR

Společnost AGGLU v Turčianských Teplicích je známá jako distributor a specialista na průmyslová lepidla. V současnosti distribuuje nejširší sortiment průmyslových lepidel na slovenském trhu. V nabídce společnosti AGGLU lze nalézt několik typů disperzních, čalounických, tavných, polyuretanových a rozpouštědlových lepidel, jakož i dalších speciálních produktů [7].

PU lepidla s označením Neopur 2238 (R, RR, RRR) jsou vlhkostí vytvrzující tekuté jednosložkové prepolymery polyuretanové lepidla. Označení R, RR, RRR znamená délku otevřeného času lepidla, jakož i doba lisování lepených prvků (čím více písmen "R" označení produktu obsahuje, tím kratší jsou lisovací a otevřené časy) [7].



*Obr. 4.25 Polyuretanové lepidlo*

### Čas potřebný k montáži obložení

Čas potřebný k montáži nového obložení závisel na rychlosti dopravy hranolů z místa skladování na jednotlivá pracoviště, kde se hranoly opracovaly tak, aby mohly být správně umístěny a uchyceny na lanový buben a na času potřebném k opracování hranolů na těchto pracovištích. Jsou zde zahrnuty časy potřebné pro zkrácení hranolů motorovou pilou, vyhoblování drážky dosedací plochy hranolu na žebro lanového bubnu, zkosení hran, označení míst důlčíkem pro budoucí otvory, vyvrtání otvorů pro šrouby, uchycení obložení na lanový buben a zalepení otvorů pomocí dřevěných kolíků.

### Čas potřebný ke zkrácení hranolů, zkosení hran a vyhoblování drážek

$$\underline{t_{opr} = t_x \cdot N_h} \quad (12)$$

$t_{opr}$ .....čas potřebný k opracování všech hranolů [min]

$t_x$ .....čas potřebný k opracování jednoho hranolu [min]

$N_h$ .....počet hranolů [-]

$$t_{opr} = t_x \cdot N_h = 3.128 = 384 \text{ min}$$

### Čas přesunu obložení na lanový buben, označení budoucích otvorů

$$\underline{t_{ozn} = t_y \cdot N_h} \quad (13)$$

$t_{ozn}$ .....čas potřebný k označení všech hranolů [min]

$t_y$ .....čas potřebný k označení jednoho hranolu [min]

$N_h$ .....počet hranolů [-]

$$t_{ozn} = t_y \cdot N_h = 1.128 = 128 \text{ min}$$

### Čas potřebný pro uchycení obložení na lanový buben

$$\underline{t_{uth} = t_z \cdot N_h} \quad (14)$$

$t_{uth}$ .....čas potřebný k utažení všech hranolů [min]

$t_z$ .....čas potřebný k utažení jednoho hranolu [min]

$N_h$ .....počet hranolů [-]

$$t_{uth} = t_z \cdot N_h = 4.128 = 512 \text{ min}$$



### Čas potřebný pro zalepení otvorů pomocí dřevěných kolíků

$$\underline{t_{lep} = t_w \cdot N_k} \quad (15)$$

$t_{lep}$ .....čas potřebný k zalepení všech hranolů [min]

$t_w$ .....čas potřebný k zalepení jednoho hranolu [min]

$N_k$ .....počet dřevěných kolíků [-]

$$t_{lep} = t_w \cdot N_k = 1.384 = 384 \text{ min}$$

### Celkový čas potřebný pro montáž obložení

$$\underline{t_{mon} = t_{opr} + t_{ozn} + t_{uth} + t_{lep} + t_{s1} + t_{s2}} \quad (16)$$

$t_{mon}$ .....celkový čas potřebný k montáži obložení [min]

$t_{opr}$ .....čas potřebný k opracování všech hranolů [min]

$t_{ozn}$ .....čas potřebný k označení všech hranolů [min]

$t_{uth}$ .....čas potřebný k utažení všech hranolů [min]

$t_{lep}$ .....čas potřebný k zalepení otvorů všech hranolů [min]

$t_{s1}$ .....strojní čas na vyvrtání všech děr Ø 16mm [min]

$t_{s2}$ .....strojní čas na vyvrtání všech děr Ø 40mm [min]

$$t_{mon} = t_{opr} + t_{ozn} + t_{uth} + t_{lep} + t_{s1} + t_{s2} = 384 + 128 + 512 + 384 + 461 + 307 = 2176 \text{ min}$$

## 5 Frézování obložení lanových bubnů na jednotný obvod

Po montáži vykazovalo obložení po své délce nejednotný obvod lanového bubnu. To zapříčinily chyby jako výrobní nepřesnost dřevěných desek a jejich následné lepení do požadovaného tvaru, nebo nedokonalé utažení obložení na lanový buben pomocí šroubů a také špatné dosednutí obložení na povrch bubnů a povrchové nepřesnosti bubnů.

Tyto nepřesnosti by v následném vyfrézování drážek způsobily, že by každá drážka byla různě hluboká. Ocelové lano by se navíjelo do drážek nerovnoměrně po jeho šířce, čímž by docházelo k nepravdělné rychlosti navíjení a odvíjení lana po jeho obvodu, což má za důsledek špatné regulace rychlosti těžních klecí.

Proto se obložení před samotným frézováním drážek muselo srovnat na jednotný obvod. Ten se měřil pomocí pásma na třech místech, a to uprostřed a na obou krajích obložení (obr. 5.1). Z obvodu se posléze vypočítal průměr lanového bubnu na daných místech a určila hloubka řezu, kterou byla potřeba ubrat z obložení, aby se zaručil jednotný obvod bubnu po celé jeho šířce. Frézování jednotného obvodu a následně drážek pro ocelová lana se provádělo pomocí dvou fréz, upevněných na frézku poháněnou elektromotorem viz níže.



*Obr. 5.1 Měření obvodu lanového bubnu*

## 5.1 Popis frézování obložení na jednotný obvod

Před samotným frézováním se musela sestavit konstrukce frézky a její funkční části. Vedle lanových bubnů se k podlaze pomocí šroubů připevnila základna stroje, složená ze dvou nosníku profilu I, na které se postupně namontovaly pohybové šrouby, lóže, suport stroje a elektromotor s frézami (obr. 5.2 a 5.3).



*Obr. 5.2 a 5.3 Konstrukce frézky*

Frézy byly poháněné elektromotorem o parametrech uvedených v tabulce (tab. 5.1). Točivý moment motoru byl na frézy přenášen pomocí dvou klínových řemenů. Hloubka řezu se pohyboval mezi 2 - 4 mm na obou bubnech a posuv byl 6 mm na otáčku bubnu. Posuv byl ruční. Zajišťoval se pomocí páky otáčející pohybový šroub se stoupáním 12 mm. Tedy na jednu otáčku bubnu se šroub otočil o půl otáčky pohybového šroubu. Materiál obložení byl ubírán na jednu třísku. Obvodová rychlost bubnu při obrábění obložení na jednotný obvod činila  $1 \text{ m.s}^{-1}$ . Obvod lanového bubnu před sražením se pohyboval 13 350 mm a po vyfrézování na jednotný obvod dosahoval hodnoty 13 340 mm.

Tab. 5.1 Parametry elektromotoru frézky

Typ	132S
Frekvence $f_z$ [Hz]	50
Otáčky $n$ [ $\text{min}^{-1}$ ]	2920
Jmenovitý výkon $P_n$ [kW]	7,5
Jmenovité napětí $U_n$ [V]	380
Jmenovitý proud $I_n$ [A]	15,2
Hmotnost $m$ [kg]	71

### Výpočet strojního času frézování na jednotný obvod obložení

Obvodová rychlost..... $v = 1\text{m.s}^{-1}$   
 Obvod bubnu..... $o = 13,248\text{ m}$   
 Šířka obložení..... $B = 1\,550\text{ mm}$   
 Posuv na otáčku bubnu..... $f = 6\text{ mm}$

#### Čas potřebný na jednu otáčku bubnu

$$t_1 = \frac{o}{v} = \frac{13,248}{1} = 13,248\text{s} \quad (17)$$

#### Počet otočení pákou při frézování

$$k = \frac{B}{f} = \frac{1550}{6} = 259 \quad (18)$$

#### Strojní čas potřebný pro frézování obložení na jednotný obvod

$$t_o = t_1 \cdot k = 13,248 \cdot 259 = 3431\text{s} = 57\text{ min} \quad (19)$$



*Obr. 5.4 Frézování na jednotný obvod*

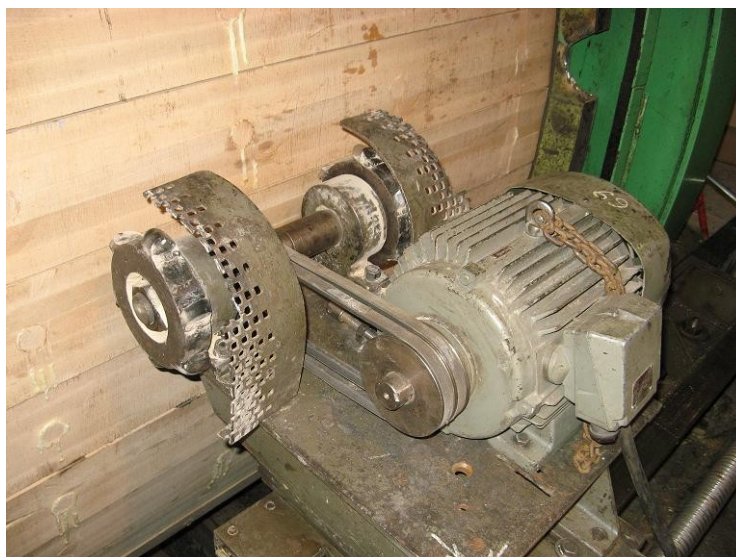
## 5.2 Popis frézy

Nástroj, viz výkres (HUS 100 528/020101), je tvarová kotoučová fréza vyrobená z konstrukční oceli 11 523. Po obvodu frézy jsou přivařeny břity z nástrojové rychlořezné oceli HSS 19 820 metodou TIG – 141 (ruční svařování netavicí se elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu argonu). V nástroji jsou vybrány pro uchycení nástroje na frézku. Přenos točivého momentu se přenáší pomocí spoje s perem. Axiálně je fréza zajištěna pomocí matice na hřídeli frézky opatřené závitem (obr. 5.5 a 5.6).



*Obr. 5.5 Fréza*





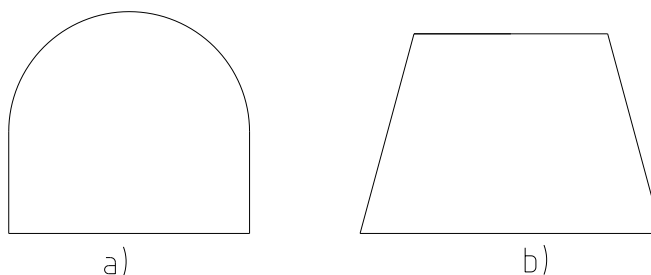
*Obr. 5.6 Upnuté frézy*

### **5.2.1 Popis profilů použitých fréz**

Profil nástroje pro frézování lanových bubnů na jednotný obvod byl zvolen totožný, jako při frézování drážek pro ocelová lana viz níže. Profil funkčních částí nástroje, tedy přivařených břitů fréz, by se však při frézování na jednotný obvod oproti frézování drážek pro ocelová lana mohl lišit a to především svým tvarem. Pro lepší vlastnosti obrábění a výslednou drsnost lanových bubnů by více vyhovoval profil frézy s přímkovým tvarem břitu. Na této variantě ovšem zákazník netrval a tím, že se použil nástroj se stejným profilem, jako pro frézování drážek pro ocelová lana, se ušetřily peníze na výrobu dalších fréz. Z ekonomického hlediska a situace, kdy toto řešení nemuselo být využito, se tato varianta nerealizovala.

Varianta řešení, která se naopak realizovala, byla fréza se zaoblenými profily břitů. Výroba zaoblených, rádiusových tvarů břitů budoucích fréz se odvíjela od výkresové dokumentace s vyfrézovanými drážky obložení lanových bubnů, viz výkres (HUS 100 528/010100). Po obvodu frézy je přivařeno šest těchto břitů s požadovanou geometrií obráběcích nástrojů popsanou v kapitole níže.





*Obr. 5.7 Schéma profilů nástroje a) pro drážky b) pro hlazení*

### 5.2.2 Tvarové kotoučové frézy

U frézovacích nástrojů pro obrábění tvarových ploch je základním konstrukčním prvkem tvar ostří v rovině procházející osou frézy. Podle maximální hloubky obráběného profilu se stanoví hodnoty konstrukčních prvků [6].

Dalším charakteristickým znakem tvarových kotoučových fréz je stálost tvaru a rozměrů ostří i po několikanásobném přeastření. Toho se dosahuje vytvořením hřbetu zubu ve tvaru Archimédovy spirály (tzv. podtáčené zuby) [6].

### 5.2.3 Konstrukční prvky tvarových fréz

#### 1) Tvar ostří v rovině procházející osou frézy

Mohou nastat dva případy. Buď je osa obráběného profilu rovnoběžná s osou obrobku, nebo šikmá.

#### 2) Materiál břitů a tělesa

Tvarové kotoučové frézy jsou trojího provedení. Celistvé, se vsázenými zuby a mechanicky upínanými břitovými destičkami.

#### 3) Geometrické parametry břitu

U tvarových nástrojů, kde je požadováno přesné dodržení rozměrů a tvaru obráběné plochy, se volí úhel čela  $\gamma = 0^\circ$  a úhel sklonu ostří  $\lambda = 0^\circ$ .

4) Vnější průměr nástroje

Volí se v závislosti na maximální hloubce profilu

5) Kontrola úhlu hřbetu

Úhel hřbetu se podél profilu ostří zubu mění, proto ho musíme kontrolovat.

6) Výška zubu

Určí se z matematického vztahu.

7) Počet zubů

Určí se z matematického vztahu.

8) Zdvih vačky pro podtáčení hřbetu zubů

Podle tvaru ostří zubu frézy lze provádět podtáčení ve směru radiálním, axiálním nebo šikmém.

9) Úhlová rozteč zubů

Určí se z matematického vztahu.

10) Velikost a tvar zubové mezery

Musí se zaručit, aby nedocházelo k dodatečnému pěchování odcházející třísky.

11) Šířka frézy

Její hodnota se shoduje s šířkou frézovaného profilu. V některých případech se volí podle vnějšího průměru frézy.

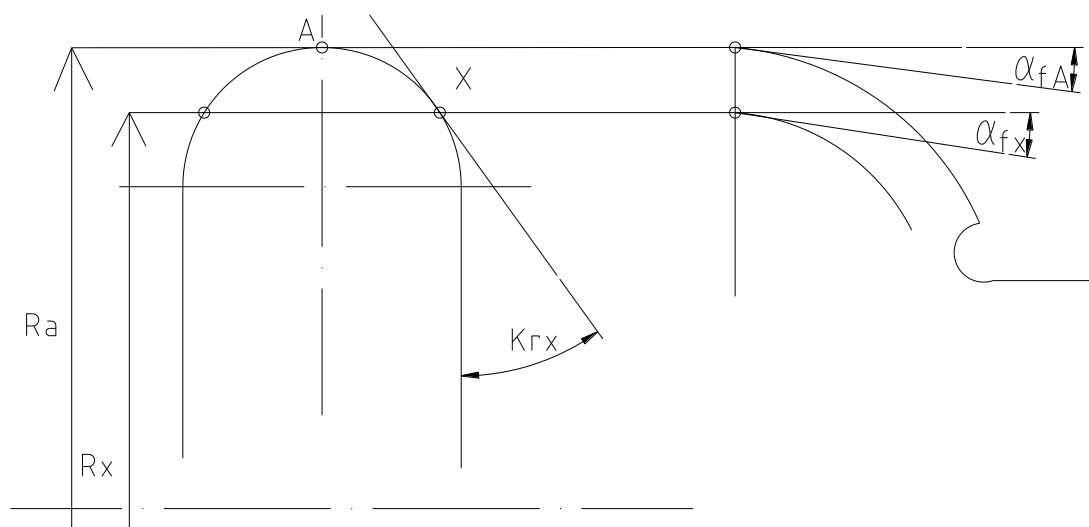
12) Upínací rozměry

Průměr upínací díry se volí v závislosti na maximální hloubce obráběného profilu.

13) Doplňkové rozměry

Nesouosost vnějšího průměru vzhledem k upínací díře frézy, kolmost boku frézy vzhledem k ose rotace frézy, obvodové házení frézy.

## 5.2.4 Kontrola geometrie břitu



Obr. 5.8 Schéma profilu frézy

### Zadané a volené hodnoty

Kontrola geometrie břitu se provádí na základě podmínky, kdy nám úhel hřbetu  $\alpha_{nx}$  nesmí klesnout pod  $2^\circ$ . Úhel čela volím  $\gamma = 15^\circ$ . Je možno úhel čela vyostřit, ale úprava profilu se tímto výrazně nezmění a tolerance budou zachovány.

Maximální poloměr profilu v bodě A..... $R_a = 125 \text{ mm}$ .

Úhel hřbetu..... $\alpha_{fa} = 10^\circ - 16^\circ$ ...volím  $\alpha_{fa} = 16^\circ$ .

Úhel čela ..... $\gamma = 15^\circ$ .

### Příklad výpočtu:

Je uveden příklad výpočtu pro bod profilu nástroje, kde se úběr materiálu blíží svému maximu tedy 9 mm. Konkrétně v bodě 4. Na výkresu (HUS 100 528/020101) je tento bod zobrazený červenou čarou.

$$\underline{\underline{\text{tg } \alpha_{fx} = \frac{R_a}{R_x} \text{tg } \alpha_{fa}}} \quad (20)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{f1} = \frac{Ra}{R_1} \cdot \operatorname{tg} \alpha_{fa} = \frac{125}{8,656} \cdot \operatorname{tg} 16^\circ = 0,795 \Rightarrow 17^\circ 1'$$

$$\operatorname{tg} \kappa_{rx} = \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1} \quad (21)$$

$$\operatorname{tg} \kappa_{r4} = \frac{x_4 - x_3}{y_4 - y_3} = \frac{16 - 14,28}{8 - 6} = 0,86 \Rightarrow 40^\circ 41'$$

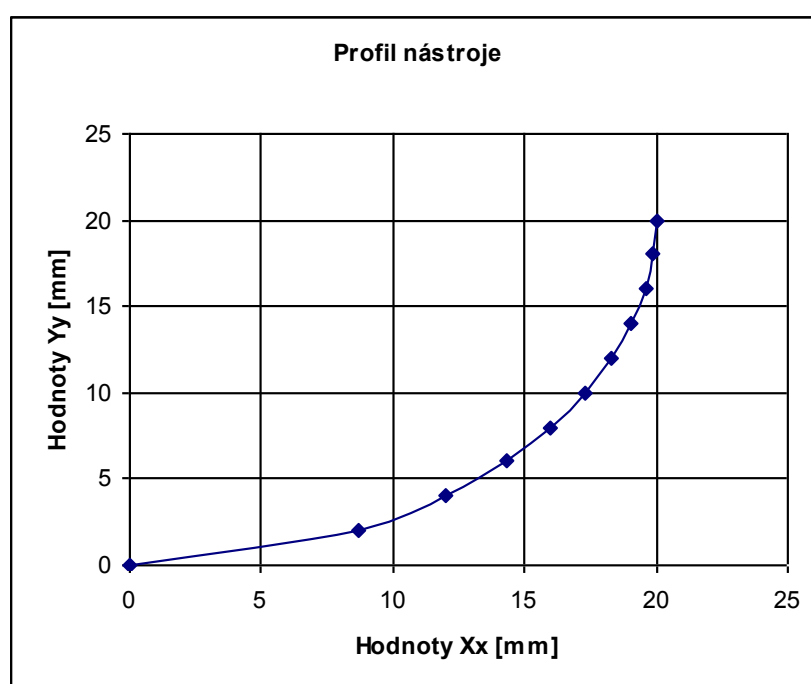
$$\operatorname{tg} \alpha_{nx} = \operatorname{tg} \alpha_{fx} \cdot \sin \kappa_x \quad (22)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{n4} = \operatorname{tg} 17,1 \cdot \sin 40,41 = 0,1995 \Rightarrow 11^\circ 16'$$

Tab. 5.2 Hodnoty vypočteného profilu nástroje

Pozice	Rx [mm]	Xx [mm]	Yy [mm]	tg $\kappa_{rx}$	$\kappa_{rx}$ [°]	tg $\alpha_{fx}$	$\alpha_{fx}$ [°]	tg $\alpha_{nx}$	$\alpha_{nx}$ [°]
A	125	0	0	-	90°	0,28675	16°	0,28675	16°
1	123	8,72	2	4,36	77°4′	0,29141	16°14′	0,28377	15°50′
2	121	12	4	1,64	58°37′	0,29622	16°30′	0,25287	14°11′
3	119	14,28	6	1,14	48°44′	0,3012	16°45′	0,22622	12°44′
4	117	16	8	0,86	40°41′	0,30635	17°1′	0,19950	11°16′
5	115	17,32	10	0,66	33°25′	0,31168	17°18′	0,17153	9°43′
6	113	18,33	12	0,505	26°47′	0,3172	17°35′	0,14280	8°7′
7	111	19,08	14	0,375	20°33′	0,32291	17°53′	0,11326	6°27′
8	109	19,6	16	0,26	14°34′	0,32884	18°12′	0,08269	4°43′
9	107	19,9	18	0,15	8°31′	0,33498	18°31′	0,04960	2°50′
B	105	20	20	0,05	2°51′	0,34136	18°50′	0,01695	0°58′

Vypočtené hodnoty z jednotlivých vzorců se zapsaly do tabulky vypočtených hodnot profilu nástroje. Hodnoty se v každém bodě liší na základě jiné geometrie nástroje v daném bodě. Výpočet se prováděl na základě podmínky, kdy úhel  $\alpha_{nx}$  nesmí klesnout pod  $2^\circ$ . V tabulce můžeme vidět, že tuto podmínku nesplňuje geometrie nástroje v bodě B. Tento bod ovšem není v záběru při ubírání materiálu při chodu frézy a tedy neovlivní nijak negativně proces obrábění. Na základě těchto informací, které zaručují správný úběr materiálu a profil drážek pro ocelová lana v dřevěném obložení lanových bubnů, se následně mohly tyto frézy vyrobit. Navržený profil nástroje je vykreslen a znázorněn na (obr. 5.9) a ve výkrese (HUS 100 528/020101).



*Obr. 5.9 Graf profilu nástroje*

## 6 Frézování drážek pro ocelová lana

Následným krokem po frézování bubnu na jednotný obvod bylo vyfrézování drážek pro ocelová lana. Drážky se frézovaly na stejné frézce pomocí totožných nástrojů, jako při frézování bubnů na jednotný obvod. Rozdíl mezi těmito pracovními úkony byl ten, že při frézování drážek byla použita jiná hloubka řezu a posuv. Hloubka řezu potřebná k zajištění správného chodu stroje (navíjení lana) se odvíjela od výkresové dokumentace, geometrických parametrů ocelového lana, rychlostí navíjení, materiálových vlastností obložení, třecích ploch, průměru lanových bubnů apod. Příliš hluboká drážka by měla za následek většího třecího efektu při chodu stroje mezi povrchem obložení a ocelovým lanem. Obložení by se vlivem zatížení rychleji deformovalo a praskalo. Naopak příliš plytká drážka by měla za následek špatného navíjení lana, riziko přehození lana do nesprávné drážky, deformaci lana apod.

### 6.1 Popis frézování drážek pro ocelová lana

Parametry jako hloubka řezu a velikost drážky byly zvoleny dle výkresové dokumentace, viz výkres (HUS 100 528/010100). Hloubka řezu braná na jednu třísku byla zvolena 9 mm a šířka břitů frézy 40 mm se zaoblením R 20 v její funkční části. Z těchto hodnot se posléze vybrala ocelová lana. Skutečný průměr použitého lano je  $\varnothing 39,2$  mm. Při chodu stroje se vlivem zatížení lano zatáhne, a to na jmenovitý průměr  $\varnothing 37,5$  mm. Posuv při obrábění byl použit oproti minulé operaci frézování strojní. Ten byl zajištěn pomocí řetězu a dvou ozubených kol. Řetěz natažený mezi ozubenými koly přenášel točivý moment z hřídele poháněného elektromotorem lanových bubnů na pohybový šroub nástroje, který zajišťoval potřebný posuv. Větší ozubené kolo o  $\varnothing 690$  mm s počtem zubů  $z_1 = 84$  bylo připevněno na hřídel pohánějící lanové bubny a druhé ozubené kolo o  $\varnothing 220$  mm s počtem zubů  $z_2 = 25$  bylo spojeno s pohybovým šroubem zajišťujícím posuv nástroje (obr. 6.1 a 6.2). Rozteč mezi ozubenými koly byla 2 900 mm.





*Obr. 6.1 Velké ozubené kolo*



*Obr. 6.2. Malé ozubené kolo*

Obě ozubená kola s řetězem byla na hřídel těžního bubnu i pohybový šroub frézy namontována také při frézování na jednotný obvod bubnů při předchozí operaci. Ovšem při frézování na jednotný obvod nebyl mezi hnacím elektromotorem těžního stroje a pohybovým šroubem zprostředkován točivý moment, jelikož pohybový šroub umístěný na frézce měl stoupání 12 mm a pro danou operaci frézování obvodu by byl příliš veliký.

Při frézování drážek v obložení bubnů byl točivý moment mezi hnacím elektromotorem a tímto pohybovým šroubem zajištěn aretačním čepem (obr. 6.2), který zajistil potřebný posuv přenosem točivého momentu na pohybový šroub frézky. Pohybový šroub frézy se stoupáním 12 mm by způsobil, že při frézování na jednotný obvod by měl povrch obložení velkou drsnost. Z tohoto důvodu byl zvolen posuv strojní a to 6 mm viz v předchozí kapitole.

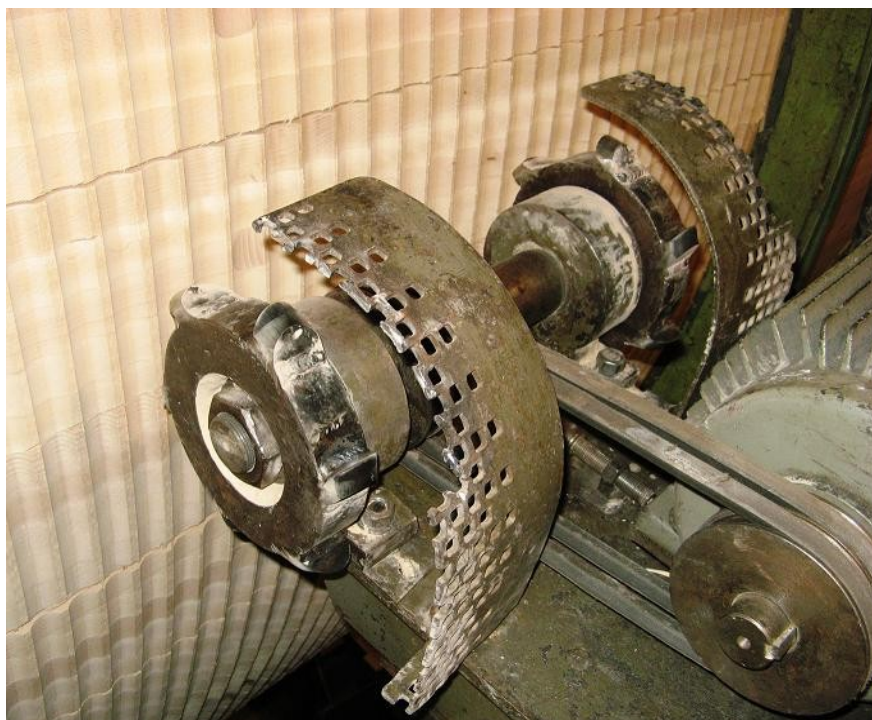
Hloubka řezu se nastavila ručně pomocí suportu frézy (obr. 6.3). Frézovat se začínalo vždy od úvazku lana přes celou šířku bubnu, kde se frézování ukončilo opět naproti otvoru pro úvazek lana. Stoupání drážek v obložení je 42 mm a přes celou šířku bubnu je jich vyfrézovaných 36. Stoupání drážek se odvíjí od převodového poměru ozubených kol, pohybového šroubu frézky a otáček hnacího hřídele stroje. Stoupání muselo být zvoleno tak, aby byl zaručený dostatečný počet drážek a plynulý chod stroje.

Velké stoupání by mělo za následek velký rozchod lan mezi sebou na bubnu stroje a obvod navíjející se ho lana by nebyl dostatečný. Naopak při malém stoupání by se lana o sebe třela a ničila. Obvodová rychlost bubnu při frézování drážek bylo oproti frézování jednotného obvodu menší a to  $0,3 \text{ m.s}^{-1}$ . Otáčky frézy se neměnily, protože byl použit stejný elektromotor jako u předchozí operace frézování.



*Obr. 6.3 Nastavení hloubky řezu*

Jak pro frézování jednotného obvodu, tak i pro frézování drážek byly použity dvě frézy, které byly uchyceny na obou koncích hřídele poháněného elektromotorem prostřednictvím dvou klínových řemenů a řemenice nalisované na hřídeli. Rozteč obou fréz byla 400 mm (obr. 6.4). Díky této vzdálenosti se ušetřil čas obrábění kvůli dvěma frézám v záběru pracujících zároveň. Bylo to ovšem jen po omezenou dobu, kdy první fréza vjela do již vyfrézované drážky frézou druhou. Zbytek šířky obložení frézovala jen jedna fréza.



Obr. 6.4 Frézy

### Výpočet strojního času při frézování drážek

Obvodová rychlost..... $v = 0,3 \text{ m.s}^{-1}$   
 Obvod bubnu..... $o = 13,248 \text{ m}$   
 Šířka obložení..... $B = 1\,550 \text{ mm}$   
 Posuv na otáčku bubnu..... $f = 12 \text{ mm}$

### Čas potřebný na jednu otáčku bubnu

$$t_1 = \frac{o}{v} = \frac{13,248}{0,3} = 44,16s \quad (23)$$

### Počet otočení pohybového šroubu při frézování

$$k = \frac{B}{f} = \frac{1550}{12} = 129 \quad (24)$$



### Strojní čas potřebný pro frézování všech drážek

$$t_d = t_1 \cdot k = 44,16 \cdot 1,29 = 56,96 \text{ s} = 0,95 \text{ min} \quad (25)$$



*Obr. 6.5 Frézy v záběru*

### Třísky vzniklé při frézování

Při frézování jak obvodu lanových bubnů, tak drážek pro ocelová lana vznikala drobná třísky (obr. 6.6).



*Obr. 6.6 Třísky vzniklé při frézování*



*Obr. 6.7 Hotové lanové bubny s vyfrézovanými drážkami*

Finální úpravou lanových bubnů byla jejich povrchová úprava natřením olejem Luxol. Díky tomu se dřevěné obložení lanových bubnů zakonzervovalo a také se zamezilo tomu, aby ocelové lana při zatížení nevytrhávala kousky obložení z jejího povrchu (obr. 6.8).



*Obr. 6.8 Konzervace lanových bubnů olejem Luxol*



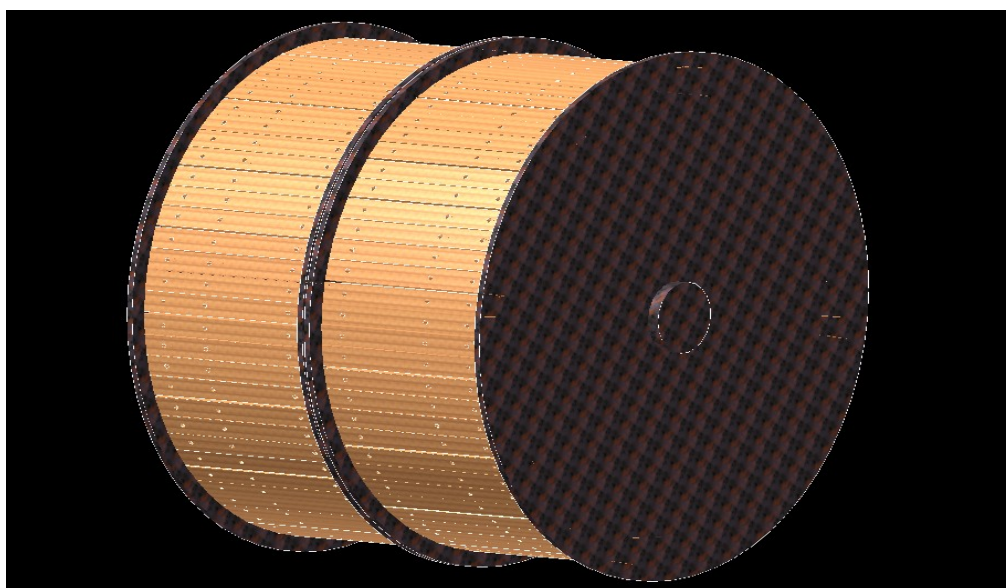
## 7 Modelování pomocí programu Autodesk Inventor

Program Autodesk Inventor obsahuje funkce pro adaptivní a parametrické 3D navrhování, tvorbu 2D výkresové dokumentace, prezentace a fotorealistické vizualizace a animace i správu dokumentů a konstrukčních dat.

Pro větší přehlednost a názornost byly modelovány jednotlivé součásti řešeného problému. Modelování mělo za úkol pouze informativně a obecně znázornit řešenou problematiku a podložit výkresovou dokumentaci nástrojů a dřevěného obložení.



*Obr. 7.1 Ukázka modelování v programu Autodesk Inventor*



*Obr. 7.2 Ukázka modelování v programu Autodesk Inventor*



## 8 Technicko - ekonomické zhodnocení

V této kapitole se uvádí nejdůležitější finanční aspekty spojené s realizací zakázky pro nové obložení lanových bubnů.

Je zde zahrnuta cena nakoupeného materiálu pro budoucí obložení a dalších důležitých součástí figurujících v zakázce, jako jsou nástroje potřebné k opracování obložení, součástí sloužící k upnutí obložení na lanový buben, válečkové dopravníky, ocelová lana, lepidla, oleje, elektrody použité při svařování, cena práce a další.

### 8.1 Podíl jednotlivých součástí na finanční stránku zakázky

Zakázka byla tvořená výrobou, montáží a následným opracováním dřevěného obložení vyrobeného z bukového dřeva opatřené hydrotermickou úpravou. Konkrétně to byly dřevěné kvádry předepsaných rozměrů o počtu 128 ks a dřevěné kolíky ze stejného materiálu o počtu 384 ks.

Dále bylo potřeba nakoupit nástroje a pomůcky k opracování a montáži dřevěného obložení. Byly to vrtáky vyrobené z rychlořezné oceli Ø 16 a Ø 40 mm potřebné k vyvrtání otvorů pro uchycení obložení na lanové bubny, frézy Ø 250 mm potřebné k opracování obložení po jeho montáži na jednotný obvod a následných drážek pro ocelová lana.

Dále šrouby, matice a podložky zajišťující pevný spoj obložení s lanovým bubnem. Přípravky pro manipulaci obložení po hale strojovny, jako jsou válečkové dopravníky v počtu 3 ks. Konzervační oleje chránící ocelová lana a obložení před poškozením apod. V ceně zakázky jsou také zahrnuty náklady spojené s prací potřebnou k zajištění všech pracovních úkonů k realizaci zakázky.

Vliv na celkovou cenu zakázky má každá z těchto součástí. Níže je konkrétně popsáno, jak velký finanční podíl mají jednotlivé součásti na výdaje ovlivňující konečnou cenu zakázku.

### Cena obložení lanových bubnů

V ceně obložení je zahrnuto, jak nákup samotných dřevěných kvádrů z bukového dřeva o počtu 128 ks, tak i dřevěné kolíky vyplňující otvory po vyvrtaných otvorech v počtu 384 ks. Součástí ceny je i řezání a lepení dřeva do požadovaného tvaru a jeho následná hydrotermická úprava. Dále také náklady spojené s dopravou obložení na místo určení a náklady na práci potřebnou k výrobě dřevěných kvádrů. Celková cena těchto součástí a pracovních operací činila **590 000 Kč**.

### Cena nástrojů potřebných k opracování obložení lanových bubnů

Cena nástrojů obsahuje dva vrtáky vyrobených z rychlořezných ocelí o  $\varnothing$  16 – 455 mm za **1500 Kč** a  $\varnothing$  40 - 350 mm za **1650 Kč**. Dále fréza  $\varnothing$  250 mm v ceně **600 Kč**.

### Cena spojovacích součástí mezi obložením a lanovým bubnem

V rámci zaručení pevného spoje mezi obložením a lanovým bubnem byl použit vratový šroub velikosti M 16 x 90 zajištěný maticí a podložkou velikosti M16. Sada jednoho šroubu, matice a podložky stála **35 Kč**.

### Cena přípravků pro manipulaci s obložením

Pro snadnější manipulaci s kvádry obložení po hale strojovny přepravované od jednoho pracoviště ke druhému a přepravy na místo skladování starého obložení, byly zakoupeny 3 ks válečkového dopravníku v hodnotě **7 000 Kč** za kus.

### Cena konzervačních olejů

Pro konzervaci dřevěného obložení lanových bubnů byl použit olej Luxol v ceně **2 210 Kč**.

### Cena svařovacích elektrod a lepidel

Pro opravu vad, které se vyskytovaly na plášti ocelového bubnu v podobě prasklin, především v dělicí rovině lanových bubnů, se použilo zavaření prasklin pomocí obalovaných elektrod typu E – B 121 Ø 3,2 x 450 mm v hodnotě **600 Kč** za jeden balík elektrod. Pro zalepení otvoru po vyvrtaných otvorech v obložení pomocí dřevěných kolíků bylo použito stejné polyuretanové lepidlo, jako při lepení desek do požadovaného tvaru kvádrů obložení. Bylo to lepidlo AGGLU Neopur 2238RRR v hodnotě **200 Kč** za litrovou láhev.

### Cena spojená s náklady na práci

V ceně na náklady, spojenou s prací vykonanou při realizaci zakázky, je zahrnut počet zaměstnanců firmy HUDECZEK SERVICE, s.r.o., počet dní, respektive hodin strávených při výrobních a pracovních úkonech zakázky a jejich hodinová sazba. Tedy celkové náklady spojené s prací činily:

$$\underline{C = X_1 \cdot X_2 \cdot X_3} \quad (26)$$

C.....cena práce při realizaci zakázky [Kč]

X<sub>1</sub>.....počet zaměstnanců [-]

X<sub>2</sub>.....počet pracovních hodin [-]

X<sub>3</sub>.....hodinová sazba zaměstnance [Kč]

$$C = X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 = 8 \cdot 60 \cdot 350 = 168\,000 \text{ Kč}$$

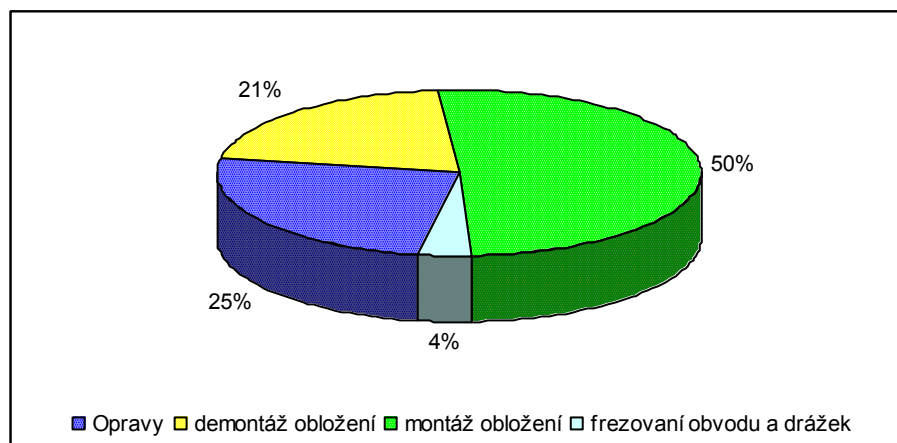
## Tabulkový přehled cen jednotlivých aspektů, majících vliv na konečnou sumu zakázky

Tab. 8.1 Cenový přehled

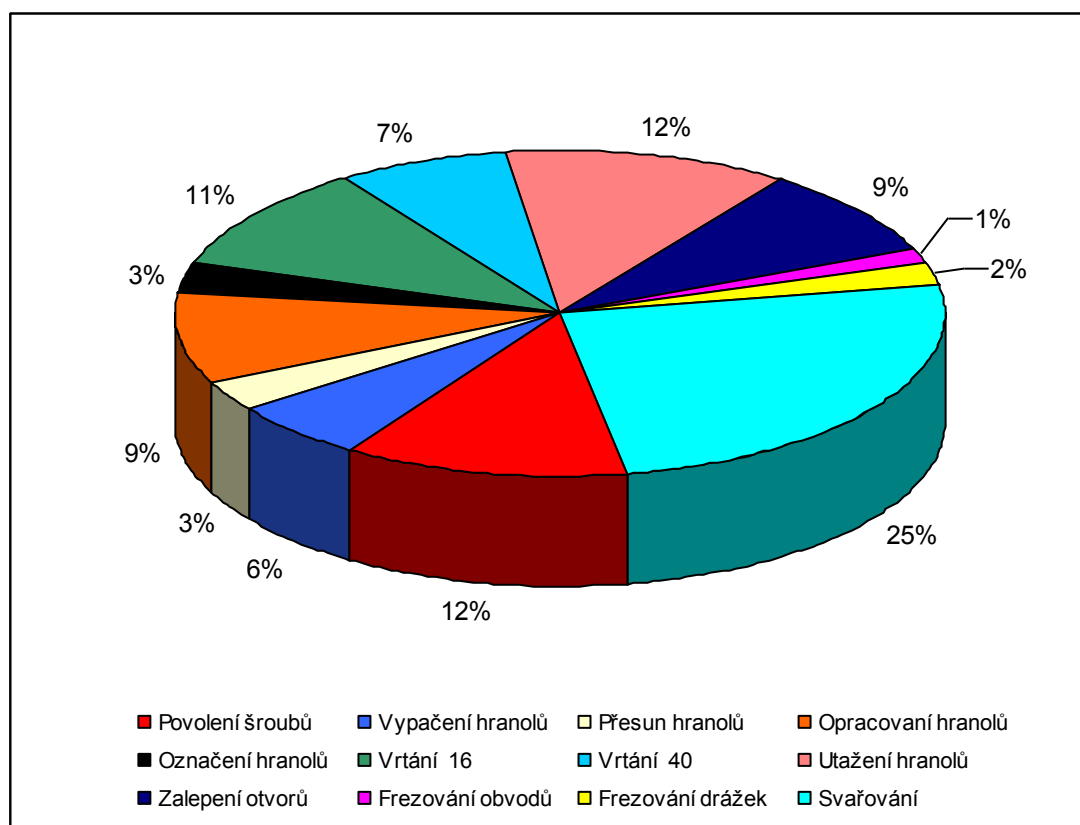
<b>Zařazení</b>	<b>Označení</b>	<b>Počet kusů [-]</b>	<b>Cena za kus [Kč]</b>	<b>Celková cena [Kč]</b>
Obložení	Dřevěné kvádry	128	-	590 000
Obložení	Dřevěné kolíky	384	-	
Obložení	Paření a lepení	-	-	
Nástroj	Vrták Ø 16 mm	1	1 500	1 500
Nástroj	Vrták Ø 40 mm	1	1 650	1 650
Nástroj	Fréza Ø 250 mm	2	600	1 200
Uchycení	Šroub, matice, podložka	384	35	13 440
Manipulace	Válečkový dopravník	3	7 000	21 000
Konzervace	Olej Luxol	-	-	2 210
Svařování	Balení elektrod	6	600	3 600
Lepení	Lepidlo AGGLU	2	200	400
Práce	Náklady na práci	-	140 000	168 000
<b>CELKOVÁ CENA ZAKÁZKY</b>				<b>Σ 803 000</b>

## **8.2 Časový podíl pracovních úkonů realizovaných během zakázky**

V této podkapitole jsou vykreslené grafy znázorňující délku trvání jednotlivých pracovních úkonů realizovaných během zakázky. Realizace zakázky trvala přibližně 5 směn po 10 hodinách, tedy celkově cca 50 hodin práce. Na (obr. 8.1) můžeme vidět procentuální podíl jednotlivých operací (demontáže, montáže obložení, oprav, frézování obvodu a drážek), které mají vliv na zakázku z časového hlediska. Na (obr. 8.2) jsou pak stejným způsobem znázorněny detailněji jednotlivé pracovní operace.



Obr. 8.1 Procentuální časový podíl montáže, demontáže obložení, oprav a frézování



Obr. 8.2 Procentuální časový podíl pracovních úkonů při realizaci zakázky

## 9 Závěr

Tato diplomová práce se zabývala především volbou obložení lanových bubnů používaného v důlním průmyslu a jeho následným opracováním a montáží.

Po zvážení několika variant různých druhů materiálů, z kterých by mělo být obložení vyrobeno a sestaveno, se přiklonilo k variantě, realizovat obložení z bukového dřeva opatřené hydrotermickou úpravou. Tato varianta se jeví jako nejvýhodnější řešení pro volbu obložení jak z hlediska ekonomického, tak i funkčního. Při srovnání ostatních materiálů vyšlo dřevěné obložení několikrát levněji, než obložení vyrobeného z oceli nebo tvrzených plastů. Dřevěné obložení splňuje také požadovanou životnost a spolehlivost při chodu stroje.

Pro opracování obložení, které představovalo vyvrtání otvorů pro jeho uchycení na lanový buben a vyfrézování drážek pro ocelová lana nesoucí těžní klece, bylo navrženo a vyrobeno několik nástrojů. Konkrétně dva šroubovitě vrtáky vyrobené z rychlořezné oceli a fréza s šesti břity, které mají tvar profilu drážky pro ocelová lana.

Zadaná zakázka byla splněna ve všech bodech a podmínkách, které byly stanoveny firmou OKD, a.s. realizovanou prostřednictvím firmy HUDECZEK SERVICE s. r. o. Zvolené řešení pro inovaci obložení lanových bubnů na jámě č. 5 v závodě Lazy dolu Karviná plně vyhovovalo nastaveným ekonomickým i technickým parametrům zakázky. Řešení dané problematiky, kterou se tato diplomová práce zabývala, může být navíc využita v budoucnu pro návrh dalších variant obložení na jiných důlních strojích. Slouží tedy jako podkladový materiál pro řešení podobných zakázek, které doposud nebyly zdokumentovány.



## Seznam použité literatury

- [1] SZKLARSKI, Ludger; ZARUDZKI, Jacek . *Elektryczne maszyny wyciągowe*. Warszawa-Kraków: Wydawnictwo naukowe PWN, 1998. 622 s.
- [2] SMRŽ, Jaroslav. *Šachetní těžná zařízení*. Praha: Vědecko-technické nakladatelství, 1950. 394 s.
- [3] Podkladové materiály firmy HUDECZEK SERVICE, s.r.o
- [4] *Vyhláška 415*. Ostrava: Český báňský úřad, 21. 11. 2003. 69 s.
- [5] ŘASA, Jaroslav. *Výpočetní metody v konstrukci řezných nástrojů*. Praha: Nakladatelství technické literatury a nakladatelství Alfa, 1986. 454 s.
- [6] ŘASA, Jaroslav. *Technologická cvičení: Návrh nástrojů pro obrábění*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1981. 53 s.
- [7] *Agglu.sk* [online]. 2010 [cit. 2011-04-16]. Agglu Neopur 2238RRR. Dostupné z WWW: <[http://www.agglu.sk/spolocnost/Stolarsky\\_magazin\\_jun\\_2010.pdf](http://www.agglu.sk/spolocnost/Stolarsky_magazin_jun_2010.pdf)>.
- [8] RETTENEGGER, Christian. *Rema-wood.com* [online]. 1989 [cit. 2011-04-16]. Paření dřeva. Dostupné z WWW: <[http://www.rema-wood.com/cz/menu\\_main/intern:266/steam-treated-wood2](http://www.rema-wood.com/cz/menu_main/intern:266/steam-treated-wood2)>.
- [9] LIŠKOVÁ, P. *Drevari.humlak.cz* [online]. 2005 [cit. 2011-04-16]. Stavba dřeva. Dostupné z WWW: <[http://drevari.humlak.cz/data\\_web/Data\\_skola/HUdreva/2.pdf](http://drevari.humlak.cz/data_web/Data_skola/HUdreva/2.pdf)>.
- [10] NOVÁK, Ivo. *Emotor.cz* [online]. 2008 [cit. 2011-04-16]. Stejnoseměrný elektromotor. Dostupné z WWW: <<http://www.emotor.cz/stejnosmerny-elektromotor.htm>>.
- [11] ŠTĚPÁNEK, Jaroslav. *Toptedrevem.cz* [online]. 2011 [cit. 2011-04-16]. Výroba a prodej palivového dřeva. Dostupné z WWW: <<http://www.toptedrevem.cz/features.php>>.

## **Seznam příloh**

Příloha č. 1 Výkres nástroje (HUS 100 528/020101)

Příloha č. 2 Výkres obložení bubnu (HUS 100 528/010101)

Příloha č. 3 Výkres obložení bubnu s pravým úkosem (HUS 100 528/010102)

Příloha č. 4 Výkres obložení bubnu s levým vybráním (HUS 100 528/010103)

Příloha č. 5 Výkres dřevěného kolíku (HUS 100 528/010104)

Příloha č. 6 Výkres sestavy obložení bubnu s drážky pro lano a náběhu (HUS 100528/010100)

Příloha č. 7 Inspekční certifikát 3.1 ŽDB GROUP a.s

Příloha č. 8 Inspekční certifikát B ŽDB GROUP a.s

Příloha č. 9 Katalog ŽDB - Ocelové lano 6 - ti pramenné ČSN 02 4362